

УДК 691.327.333

ВЛИЯНИЕ ХЛОРИСТОГО НАТРИЯ И УГЛЕКИСЛОГО КАЛЬЦИЯ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЕЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПЕНОБЕТОНА

В.А. Лотов, Е.А. Сударев

Томский политехнический университет

E-mail: sudarev@ngs.ru

Рассматривается влияние неорганических солей на примере NaCl и CaCO_3 на основные реологические характеристики синтетических пенообразователей. Установлены оптимальный расход данных солей и оптимальная массовая доля пенообразователя в водном растворе. Применение NaCl и CaCO_3 дает возможность получать устойчивые пенобетонные массы. Показано, что полученный на основе этих масс пенобетон имеет повышенные прочностные характеристики и равномернопористую структуру с преобладающей замкнутой пористостью.

Ключевые слова:

Пенообразователь, вязкость, поверхностное натяжение, скорость образования поверхности, каналы Плато–Гиббса.

Key words:

Foaming agent, viscosity, superficial tension, speed of education of a surface, channels of a Plato–Gibbs.

Пенобетоны неавтоклавного твердения являются эффективными строительными материалами с тепло- и звукоизоляционными свойствами. Их используют в промышленном и жилищном строительстве, при теплоизоляции тепловых агрегатов.

Технология получения пенобетонов с использованием белковых пенообразователей была разработана еще в 30-х гг. прошлого столетия. В настоящее время в связи с бурным развитием нефтепереработки на рынке появилось большое количество различных синтетических пенообразователей. Производители пенобетонов, технология которых основана на использовании так называемой «синтетики», столкнулись с проблемой, связанной с количеством вводимого пенообразователя, т. к. при использовании синтетических пенообразователей было выявлено, что недостаток пенообразователя приводит к получению нестабильных пен, а избыток – отрицательно влияет на протекание процессов твердения цемента вследствие адсорбционного модифицирования этого процесса [1].

В патентной и технической литературе приводится большое количество различных химических добавок, используемых в технологии пенобетонов на синтетических пенообразователях. Однако принцип действия этих добавок на основные реологические свойства пенообразователей по-прежнему остается малоизученным. Кроме того, актуальной является задача определения оптимальной концентрации пенообразователя и вводимых химических добавок, формирующих устойчивость пенобетонных смесей.

В этой связи целью настоящей работы являлось установление принципиальной возможности использования добавок хлористого натрия (NaCl) и углекислого кальция (CaCO_3) в производстве пенобетона на синтетическом пенообразователе (на примере ПБ-2000), а также определение оптимальной концентрации пенообразователя и этих добавок, введение которых в состав пенобетонной сме-

си будет улучшать ее свойства и не оказывать отрицательного влияния на процессы твердения цемента в составе смеси. Выбор этих добавок основывается на их легкой доступности и малой стоимости.

Основными характеристиками пенообразователя являются вязкость и поверхностное натяжение, а показателями качества пены являются пенистость, пеноустойчивость и дисперсность пены.

Отношение поверхностного натяжения к вязкости характеризует скорость образования новой поверхности. Например, для чистой воды при 20 °С с поверхностным натяжением $72,5 \cdot 10^{-3}$ Н/м и вязкостью $1,002 \cdot 10^{-3}$ Па·с скорость образования новой поверхности составляет 72,14 м/с [2]. Это свидетельствует о том, что пенообразование у чистой воды можно наблюдать при относительной сдвиговой скорости слоев воды на уровне не менее 72 м/с. Достижение такой скорости в пропеллерной мешалке с диаметром рабочего органа 0,2 м возможно при 6890 об/мин, что крайне нежелательно вследствие возможного кавитационного разрушения лопастей мешалки. Регулировать скорость образования новой поверхности можно путем изменения вязкости и поверхностного натяжения воды с помощью различных добавок.

Пенистость (кратность пены) и стойкость пены зависят, прежде всего, от вида пенообразователя и концентрации его водного раствора. Добавляя к пенообразователю некоторые вещества, можно повысить пенистость и стойкость пены. Вещества, увеличивающие пенистость, называют активаторами пенообразования [3]. В качестве активатора пенообразования была использована добавка технического хлористого натрия, ее активирующее действие оценивалось по вязкости (вискозиметр Освальда) и поверхностному натяжению (метод наибольшего давления пузырьков газа) растворов. На рис. 1 представлены зависимости вязкости и поверхностного натяжения растворов от массовой доли пенообразователя ПБ-2000 в растворе.

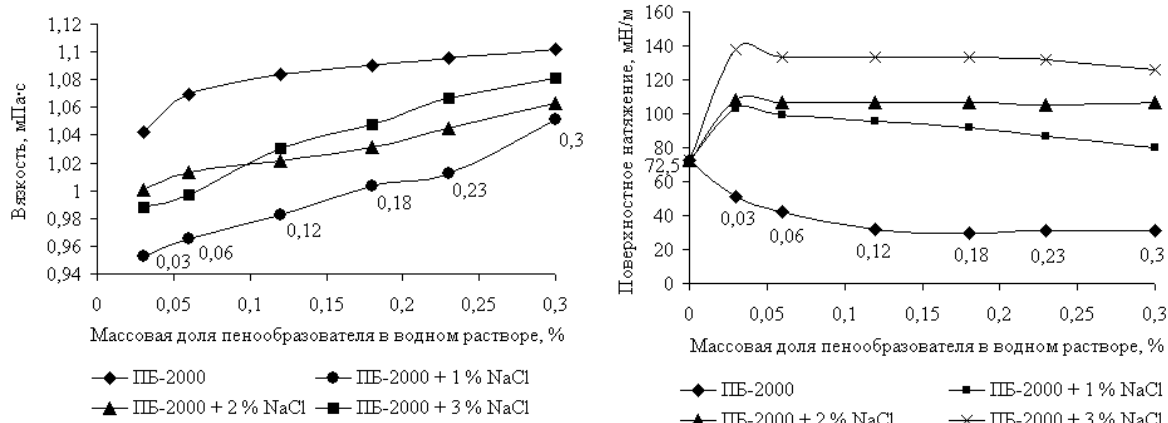


Рис. 1. Зависимость вязкости и поверхностного натяжения растворов от массовой доли ПБ-2000 в растворе

Из полученных данных следует, что соль NaCl снижает вязкость и увеличивает поверхностное натяжение пенообразователя, т. е. непосредственно влияют на степень коллоидности его водного раствора.

Из двух основных характеристик пенообразователя, а точнее из отношения поверхностного натяжения к вязкости вытекает еще одна важная характеристика — скорость образования поверхности адсорбционного слоя V_s . На рис. 2 представлена зависимость скорости образования поверхности адсорбционного слоя от массовой доли пенообразователя в водном растворе.

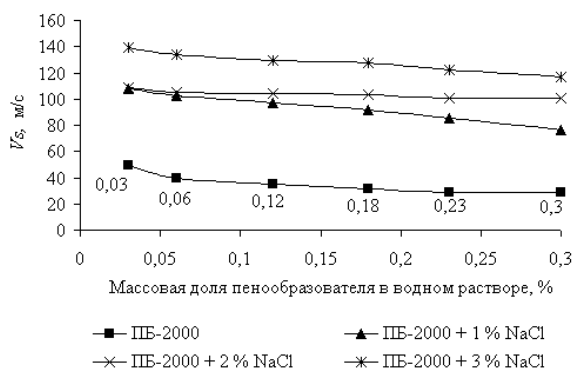


Рис. 2. Зависимость скорости образования поверхности адсорбционного слоя от массовой доли ПБ-2000 в водном растворе

Основываясь на работах Штюпеля и идеях Марангони (эффект Марангони), скорость формирования этого слоя определяется скоростью диффузии молекул поверхностно активного вещества из глубины раствора к поверхности [4]. При выходе пузырька на поверхность раствора он окружается двойным слоем ориентированных молекул, формируя таким образом устойчивую пену, время жизни которой должно совпадать со временем начала схватывания (твердения) вяжущего.

Для повышения стойкости пены применяют загустители-стабилизаторы пены. В качестве стабилизатора пены был использован углекислый кальций (мел). Основные характеристики мела представлены в табл. 1.

Таблица 1. Характеристика мела Инзенского месторождения

Химический состав, мас. %						Плотность, кг/м³	Удельная поверхность, м²/кг
CaO	MgO	SiO₂	Al₂O₃	Fe₂O₃+FeO	CO₂		
47...55	0,1...1,9	0,2...6,0	0,2...4,0	0,02...0,7	40...43	2720	450

Мел при приготовлении пены равномерно распределяется по каналам Плато–Гиббса, и, концентрируясь в узлах, увеличивает вязкость раствора пенообразователя, и уменьшает благодаря этому саморазрушение пены во времени [5]. На рис. 3 представлена фотография пены с выделенными узлами каналов Плато–Гиббса.

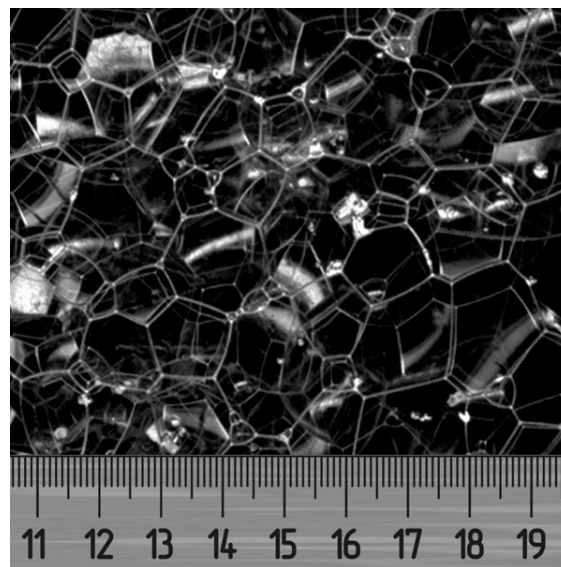


Рис. 3. Фотография пены (точками выделены узлы каналов Плато–Гиббса)

С целью определения оптимальной массовой доли пенообразователя в водном растворе и количества добавок (NaCl, CaCO₃), были изготовлены образцы теплоизоляционного пенобетона с различным содержанием добавок, табл. 2, по следующей схеме: к 100 мл рабочего раствора пенообразователя ПБ-2000 (ТУ 2481-185-05744685-01) различ-

ной концентрации прибавляли от 1 до 3 % NaCl. Далее в полученные активированные растворы пенообразователя добавляли заранее приготовленный мел, затем смеси вспенивали в смесителе роторного типа в течение 2 мин со скоростью 600...800 об/мин. После этого получаемые пены смешивали с определенным количеством портландцемента Топкинского завода марки 500 Д0 (ГОСТ 10178-85) в течение 3...5 мин в бетоносмесителе. Перемешивание пенобетонной массы в бетоносмесителе более 5 мин нежелательно, поскольку происходит разрушение пены, что влияет в дальнейшем на свойства и качество получаемого пенобетона.

Таблица 2. Свойства пены при 25 °С и полученного на ее основе пенобетона со средней плотностью образцов 350 кг/м³

Массовая доля ПБ-2000 в водном растворе, %	Добавка, % (на 100 мл раствора ПБ-2000)		Кратность пены	Устойчивость пены, мин	Прочность при сжатии, МПа
	NaCl	CaCO ₃			
0,03	–	–	7,0	15	0,52
0,06			8,0	17	0,50
0,12			9,0	17	0,49
0,03	1	1	9,0	26	0,62
0,06			8,7	24	0,54
0,12			8,0	23	0,50
0,03	2	2	12,0	40	0,94
0,06			11,9	38	0,79
0,12			10,6	30	0,65
0,03	3	3	12,5	35	0,58
0,06			11,8	32	0,49
0,12			10,9	32	0,44

Из анализа результатов табл. 2 следует, что совместное введение в раствор пенообразователя добавок NaCl и CaCO₃ способствует увеличению кратности и устойчивости пены.

После 28 сут. твердения в воздушно-влажных условиях наибольшую прочность набрали образцы состава

(ПБ-2000 + 2 % NaCl + 2 % CaCO₃) с массовой долей пенообразователя в водном растворе 0,03 %.

На рис. 4 показано влияние основных реологических характеристик (вязкость, поверхностное натяжение) на макроструктуру пенобетона.

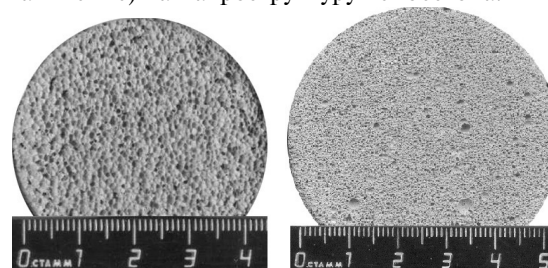


Рис. 4. Фотографии образцов пенобетона, полученного в условиях преобладания: а) вязкости и б) поверхностного натяжения раствора

Из рис. 4 видно, что, используя добавки хлористого натрия и углекислого кальция (мела), и влияя тем самым на реологические свойства водного раствора пенообразователя, можно управлять процессом структурообразования, получая мелкопористый пенобетон с преобладающей замкнутой пористостью [6].

Выводы

Показана целесообразность использования добавок хлористого натрия и углекислого кальция (мела) в технологии получения неавтоклавных пенобетонов на синтетических пенообразователях.

Установлены оптимальные расход добавок на 100 мл раствора пенообразователя ПБ-2000 (хлористый натрий – 1...3 %; углекислый кальций (мел) – 1...3 %) и массовая доля пенообразователя в водном растворе – 0,03...0,12 %.

Получаемый пенобетон характеризуется повышенной на 80 % прочностью и равномерной замкнутой на 85 % пористостью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Филиппов Е.В., Удачкин И.Б., Реутова О.И. Теплоизоляционный безавтоклавный пенобетон // Строительные материалы. – 1997. – № 4. – С. 4–5.
2. Равдель А.А., Пономарева А.М. Краткий справочник физико-химических величин. – СПб.: Иван Федоров, 2003. – 240 с.
3. Китайцев В.А. Технология теплоизоляционных материалов. – М.: Изд-во литературы по строительству, 1970. – 384 с.
4. Тихомиров В.К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения. – М.: Химия, 1983. – 264 с.
5. Баранов И.М. Прочность неавтоклавного пенобетона и возможные пути ее повышения // Строительные материалы. – 2008. – № 1. – С. 26–30.
6. Лотов В.А. Фазовый портрет процесса поризации газобетонных смесей // Строительные материалы. – 2002. – № 2. – С. 15–17.

Поступила 06.10.2011 г.